4

Schriftenreihe der Adam Opel Aktiengesellschaft

W.K.Strobel Verkehrserziehung aus der Sicht der Technik

Herausgeber: Adam Opel Aktiengesellschaft
Öffentlichkeitsarbeit, 6090 Rüsselsheim
Verantwortlich: Dr. G. Gerlach
Druck: Werkdruckerei der Adam Opel AG
3. Auflage – Januar 1979
Best.-Nr. 64027

Verkehrserziehung aus der Sicht der Technik

Dipl.-Ing. W. K. Strobel

VERKEHRSERZIEHUNG AUS DER SICHT DER TECHNIK

I. WARUM IST VERKEHRSERZIEHUNG SO WICHTIG?

II. TECHNIK FÜR DEN AUTOFAHRER

A. Bewegungsvorgänge allgemein

B. Fahrkinematik

a) Radkräfte
b) Kräfte auf das Fahrzeug und Einfluß auf das Fahrverhalten
c) Der Beschleunigungsvorgang
d) Der Überholvorgang
e) Der Bremsvorgang

III. DAS AUTO UND SEINE BEDIENUNG

I. WARUM IST VERKEHRSERZIEHUNG SO WICHTIG?

Die schnelle Entwicklung des Straßenverkehrs in den letzten Jahren resultiert zu einem großen Teil aus dem Anwachsen des Volkseinkommens. Der Wunsch, sich unabhängig von Zeit und Ort bewegen zu können, ist für die meisten Menschen so attraktiv, daß sie das Auto anderen Bedürfnissen vorziehen. So ist die Zahl der Kraftfahrer in den vergangenen Jahren stark gestiegen.

Das Auto ist zum Hauptverkehrsmittel für Beruf und Reise, Einkauf und Freizeit geworden, ohne daß der einzelne sich immer bewußt ist, wie gefährlich dieses Gefährt sein kann. Die Anzahl jugendlicher unerfahrener Kraftfahrer steigt, und dem einzelnen ist nur selten klar, daß er mit dem Lenken eines Fahrzeuges eine Verantwortung für sich und die Umwelt übernommen hat. Die Gruppe der 18 bis 24jährigen ist als Unfallverursacher überproportional an der Unfallbilanz beteiligt. Erfreulicherweise ist das Unfallrisiko in den letzten Jahren etwas zurückgegangen. Doch waren es im Jahr 1977 noch 14 978 Tote und 508 142 Verletzte bei 1 144 000 Straßenverkehrsunfällen. Natürlich sind die Ursachen für die zahllosen Unfälle verschieden. Sicher tragen dazu auch der Straßenzustand und unklare Verkehrsregelungen bei, auch Fahrzeugzustandsmängel. Die meisten Unfälle jedoch werden durch falsches Verhalten der Verkehrsteilnehmer, besonders der Kraftfahrer verursacht.

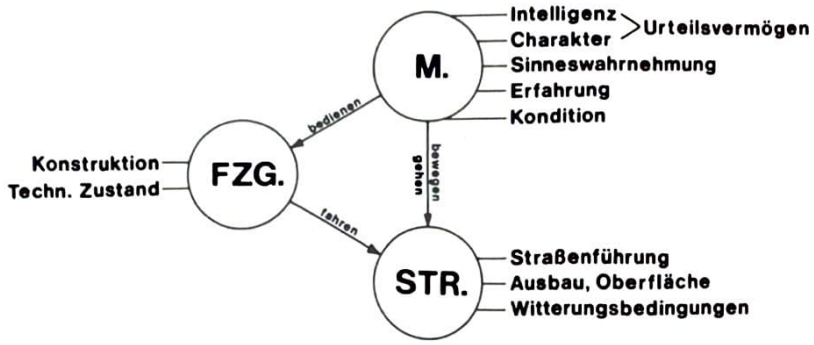
Natürlich müssen alle Verkehrsteilnehmer zu verkehrsrechtem Verhalten veranlaßt werden, aber der Kraftfahrer selbst hat hierbei doch die größte Verantwortung. Die Kraftfahrzeug-Industrie ist seit Jahren darum bemüht, durch konstruktive Verbesserungen die **Ursachen** von Unfällen zu bekämpfen. Viele Unfälle sind aber Folge eines falschen Verhaltens oder falscher Reaktionen, oftmals verursacht durch Unkenntnis der technischen Gegebenheiten beim Bewegungsvorgang, die letzten Endes alle auf den gültigen physikalischen Gesetzen beruhen. Mit dieser „Technik für Autofahrer" wollen wir uns nachstehend etwas beschäftigen und zwar mit

A) den Bewegungsvorgängen allgemein
B) der Fahrkinematik.

II. TECHNIK FÜR DEN AUTOFAHRER

A. Bewegungsvorgänge allgemein

Im Straßenverkehr ist sozusagen alles in Bewegung. Das Kraftfahrzeug ist dabei stärkster und bestimmender Verkehrsträger. Sein Fahrer ist ein Glied des Kreises: **Mensch, Straße und Fahrzeug.**



Alle 3 Faktoren bestimmen weitgehend den Verkehrsablauf. Der Mensch auf der Straße, nicht nur der Kraftfahrer selbst, ist ständig mit den Problemen konfrontiert, die aus dem bewegten Verkehr entstehen. Bewegung ist ständige Änderung des Standortes mit sich oft ändernder Geschwindigkeit. Geschwindigkeit ist der zurückgelegte Weg in der Zeiteinheit ($V = \frac{s}{t}$ m/sec). Ändert sich die Geschwindigkeit, tritt entweder eine Beschleunigung oder eine Verzögerung ein ($B = \frac{V}{t}$ m/sec^2). Beide erfordern zusätzliche Kräfte auf die bewegte Masse. $K = M \times B$ (kp).

Die Buchstaben der drei erwähnten mathematischen Formeln bedeuten:

V = Geschwindigkeit in m/sec
s = der zurückgelegte Weg in m
t = die verstrichene Zeit in sec
B = die Beschleunigung oder Verzögerung in m/sec^2
K = Kraft in kp (Kilopond)
M = die bewegte Masse in $\frac{\text{kp x sec}^2}{\text{m}}$

Wegstrecken kann man leicht schätzen; Geschwindigkeiten schon schwerer und Beschleunigungen oder Verzögerungen können nur festgestellt, ihre Größe aber nicht mehr geschätzt werden. Diese Erkenntnisse sind wichtig, denn täglich erleben wir ihre Folgen, sei es als Fußgänger, der die Straße überquert, sei es als Kraftfahrer, der den physikalischen Bewegungsgesetzen beim Fahren unbewußt ausgesetzt ist. Wegstrecken lassen sich leicht ermitteln, Geschwindigkeiten (Auto) nur dann schätzen, wenn die Bewegung quer vor einem abläuft. Wenn das bewegte Objekt auf einen zukommt, ist weder der zurückgelegte Weg noch die Geschwindigkeit schätzbar. Der gehende Mensch hat eine Geschwindigkeit von max. 1,5 m/sec. Er braucht zum Überqueren einer 9 m breiten Straße also volle 6 Sekunden. Ein Kraftfahrzeug hingegen, das mit 50 km/h fährt, legt in der Sekunde 14 m zurück. Wenn man also ohne Gefährdung über die Straße gehen und sicher die andere Seite erreichen will, kann man es nur, wenn das sich

nähernde Fahrzeug — sobald man es sieht oder seine Bewegung erkennt — mindestens 14 x 6 = 84 m von der Stelle entfernt ist, an der man die Straße überqueren möchte. Umgekehrt muß ein Kraftfahrer den Fußgänger schon aus dieser Entfernung sehen können, damit er ihn beim Überqueren nicht überfährt, bei geringerer Entfernung muß er bremsen.

Kinder und Erwachsene, vor allem ältere Leute, sollte man auf diese Tatsache hinweisen, denn sie ist die wahrscheinliche Ursache für viele Fußgänger-Unfälle, bei denen die Annäherungszeit eines Kraftwagens unterschätzt wird.

Wenn keine äußeren Kräfte auf einen bewegten Körper, z.B. ein Auto, wirken, bewegt er sich gleichförmig und gradlinig weiter. Um die Bewegungsrichtung oder die Geschwindigkeit zu ändern, braucht man also zusätzliche Kräfte. (Beispiel: Kick auf den rollenden Fußball). Diese Kräfte müssen um so größer sein, je größer die gewünschte Richtungs- oder Geschwindigkeitsänderung und die bewegte Masse sind. Ein Kraftfahrzeug kann also um so schwerer seine Richtung ändern, beschleunigen oder bremsen, je schwerer und schneller es ist. In einem bewegten Körper (Kraftfahrzeug) ist nämlich eine erhebliche Bewegungskraft, die kinetische Energie oder „Wucht" gespeichert, die proportional zu seinem Gewicht (Masse), aber auch proportional zum **Quadrat** der Geschwindigkeit ist. Das heißt also: zweifaches Gewicht erzeugt doppelte, zweifache Geschwindigkeit ergibt aber vierfache kinetische Energie oder Wucht. Mathematisch drückt man dies so aus:

$$\text{Wucht } E = \frac{M \cdot V^2}{2} \quad \text{(mkp)}$$

Mit anderen Worten, die Geschwindigkeit hat einen wesentlich stärkeren Einfluß als das Gewicht eines Fahrzeuges, weshalb Unfälle bei hohen Geschwindigkeiten viel folgenschwerer sind.

B. Fahrkinematik

Ein Kraftfahrzeug kann nur gefahren und gelenkt werden, weil es durch die Reifenhaftung mit der Straße verbunden ist. Deshalb ist diese Haftung von größter Wichtigkeit für den gesamten Bewegungsablauf beim Fahren. Beim Antrieb und beim Bremsen sind ständig wechselnde Kräftebeziehungen zwischen Fahrzeug und Straße vorhanden. Auch für den Laien ist es deshalb wichtig, eine gewisse Kenntnis über dieses Kräftespiel und überhaupt über die sogenannte Fahrmechanik zu haben.

a) Radkräfte

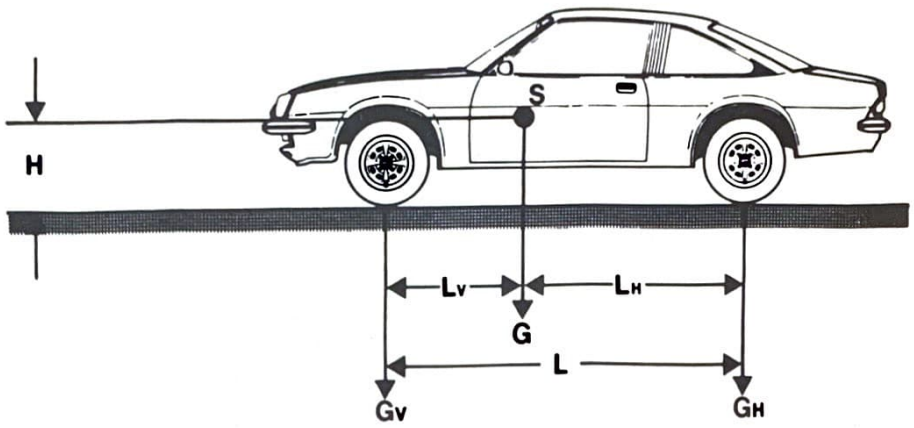
Um über die Reifenhaftung und deren Änderungen mehr zu wissen, muß man sich mit den Radkräften des Fahrzeuges näher befassen. Es gibt statische Radkräfte und beim Fahren dynamische, die auf die Reifen wirken.

Zunächst zu den statischen Kräften:

Die Achsdrücke „statisch" entsprechen der Gewichtsverteilung je nach Schwerpunktslage, welche sich mit dem Gewicht zwischen leerem und belastetem Zustand ändert.

Man kann die Achsdrücke am einfachsten durch Wiegen ermitteln, aber auch berechnen, wenn man die Schwerpunktlage kennt. Hier die Formeln:

$$G_v = \frac{G \cdot L_h}{L} \qquad G_h = \frac{G \cdot L_v}{L}$$



Dabei ist:

G_v	=	Vorderachslast
G_h	=	Hinterachslast
G	=	Gesamtgewicht
L	=	Radstand
L_v	=	Schwerpunktsabstand von Mitte Vorderrad
L_h	=	Schwerpunktsabstand von Mitte Hinterrad
H	=	Schwerpunktshöhe vom Boden

Der Schwerpunkt liegt immer zwischen den Achsen und verschiebt sich mit zunehmender Belastung nach hinten und meist nach oben. Anders sind die Verhältnisse beim bewegten Fahrzeug: hier findet eine ständige Achslast-Änderung statt, wenn das Fahrzeug beschleunigt oder verzögert wird. Nur bei gleichbleibender Geschwindigkeit ist die Achslast-Verteilung wie bei Ruhe (statisch.)

Beim Beschleunigen findet eine Verschiebung des Gewichtes nach hinten, beim Bremsen nach vorne statt, und zwar um so mehr, je höher der Schwerpunkt und je kürzer der Radstand bei gegebener Verzögerung ist. Besonders wichtig ist dies beim Bremsen. Man kann diese Achslast-Änderung leicht nach folgenden Formeln annähernd errechnen:

$$G_{v_{Dyn}} = G_v + \frac{G \cdot \%g \cdot H}{100 \cdot L}$$

$$G_{h_{Dyn}} = G_h - \frac{G \cdot \%g \cdot H}{100 \cdot L}$$

Wobei:

G	=	Gesamtgewicht
G_v	=	Vorderachslast
G_h	=	Hinterachslast
L	=	Radstand
H	=	Schwerpunktshöhe
G_{vDyn}	=	tatsächliche Vorderachslast beim Bremsen bezw. Beschleunigen
G_{hDyn}	=	tatsächliche Hinterachslast beim Bremsen bezw. Beschleunigen
g	=	Erdbeschleunigung $(\frac{9{,}81\ m}{sec^2})$ ist.

Der % g-Wert ist das Maß der Bremsung, d.h. eine mittelscharfe Bremsung mit einer Verzögerung von etwa 5 m/sec^2 entspricht 50 % Bremsung. Nimmt man eine solche an, so vereinfachen sich die Formeln zu (gelten auch für Beschleunigung mit umgekehrten Vorzeichen):

$$G_{vDyn} = G_v + \frac{G \cdot H}{2 \cdot L} \qquad \text{und} \qquad G_{hDyn} = G_h - \frac{G \cdot H}{2 \cdot L}$$

Es sei hier erwähnt, daß maximal etwa 8,5 – 9,0 m/sec^2 Bremsverzögerung im Auto erreicht werden. Die Hinterräder werden also beim Bremsen im selben Maß entlastet, wie die Vorderräder belastet werden. Die Konstrukteure nützen diese Lastverschiebung insofern aus, als sie die vorderen Bremsen stärker machen, also ihnen einen größeren Anteil an der Gesamtbremswirkung geben als den hintern Bremsen. (Im allgemeinen ca. 65 % vorne und 35 % hinten für Wagen mit vorn liegendem Motor, also bei der Standardanordnung.)

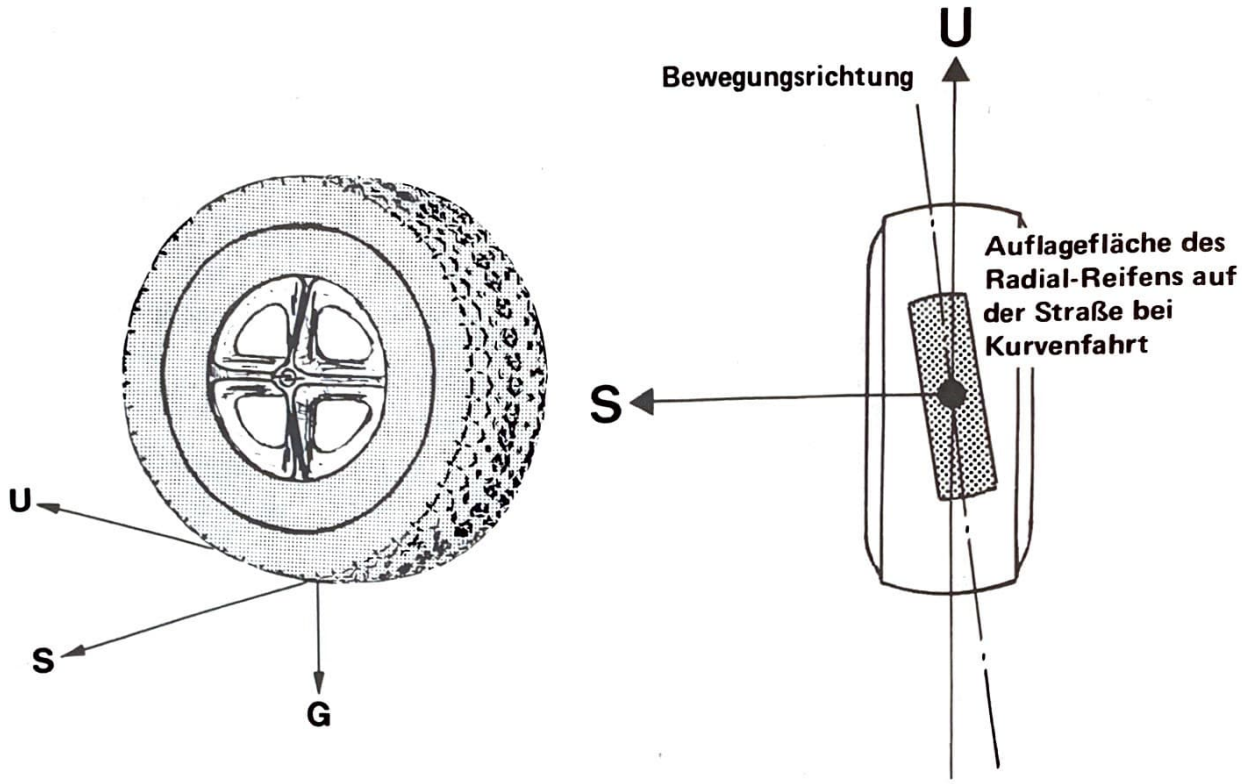
Diese Lastverschiebung beim Bremsen hat aber auch noch eine Folge, die ungünstig ist: durch die Entlastung der Hinterräder neigen diese beim etwas zu starken Bremsen zum Wegrutschen, da sie wegen zu geringer Belastung leicht die Haftung verlieren, d.h. der Wagen fängt hinten an zu schleudern und stellt sich quer, da keine Radführung mehr vorhanden ist. Dies ist äußerst gefährlich und wahrscheinlich die Ursache für viele Unfälle, bei denen Fahrzeuge „ins Schleudern kommen": sie werden falsch gebremst. Übrigens findet auch eine Lastverschiebung beim Anfahren statt, wenn auch im umgekehrten Sinn: die Vorderräder werden dabei entlastet und die hinteren belastet. Da die Beschleunigung durch den Motor aber viel kleiner – etwa 1/4 der möglichen Bremsverzögerung – ist, sind die Laständerungen auch viel kleiner. Dieser Einfluß der Verzögerung bzw. Beschleunigung kann täglich in der Stadt an Fahrzeugen beobachtet werden: beim Anfahren gehen sie vorne hoch bzw. hinten herunter, beim Bremsen umgekehrt. Durch sogenannte „anti – dive" Einrichtungen, besonders an der Vorderachse, wird vor allem dem Bremstauchen entgegengewirkt.

Es ist wohl verständlich, daß bei den starken Laständerungen an den Rädern die Reibung der Räder, also ihre Haftung auf der Straße, eine ausschlaggebende Rolle spielt, d.h. die Reibungszahl oder Haftungszahl zwischen Straße und

Reifen. Leider schwankt sie in weiten Grenzen zwischen trockener, nasser und gar vereister Straße; in Zahlen: etwa zwischen 0,9 bis 0,4 und 0,1. Dabei ist noch der Zustand des Reifenprofils ausschlaggebend. Auch starke Unwucht der Räder kann neben der Abnutzung des Reifenprofils die Haftung erheblich verringern. Auf sie muß man als verantwortungsvoller Fahrer sehr achten. Richtige Einstellung der Vorderräder ist übrigens für die Abnutzung sehr wichtig, ebenso natürlich die Einhaltung des vom Fahrzeughersteller vorgeschriebenen Reifendrucks.

Es ist sicher in diesem Zusammenhang interessant, sich damit zu befassen, welche Kräfte auf den Reifen wirken. Die wichtigsten sind: Radlast, Umfangskraft und Seitenkraft.

Die übertragbare Umfangskraft bestimmt das Beschleunigungs- und Bremsvermögen, die übertragbare Seitenkraft die Richtungsstabilität und die Kurvenhaftung. Ein Bild soll dies verdeutlichen:



G = Gewichts- oder Radlast
U = Umfangskraft
S = Seitenkraft

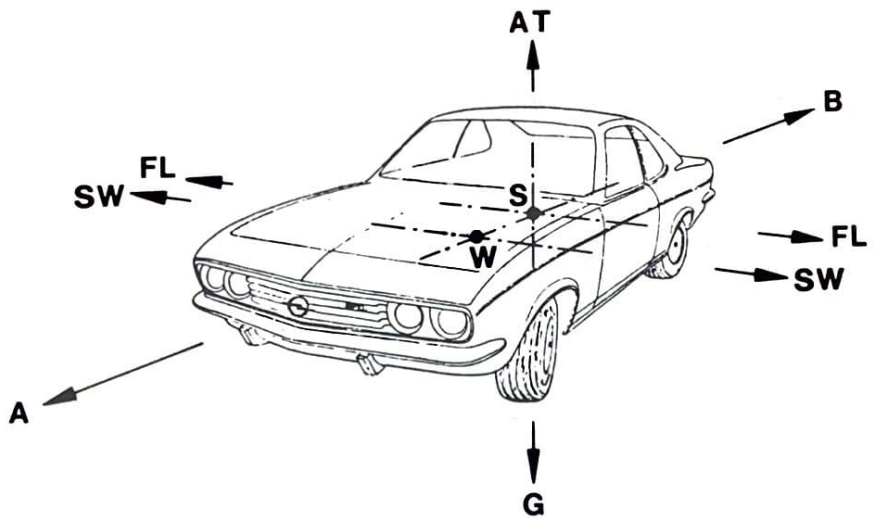
Bei Geradeausfahrt sind nur geringe Seitenkräfte vorhanden und deshalb ist fast keine Lenkbewegung nötig. In Kurven aber entstehen wegen der Fliehkräfte starke Seiten- (Lenk-) Kräfte, die am Lenkrad aufgebracht werden müssen und den Reifen, wie oben gezeigt, verformen. Es sei in diesem Zusammenhang darauf hingewiesen, daß konventionelle (Diagonal-) Reifen und Gürtelreifen ein unterschiedliches Lenkverhalten ergeben: der Normalreifen ergibt ein weiches, leicht kontrollierbares Reagieren des Fahrzeuges beim Einlenken, der Gürtelrei-

fen ein leicht verzögertes, aber dann sehr präzises, beinahe scharfes Ansprechen der Lenkung, wobei je nach Reifenmarke und Konstruktion (Stahl- oder Textilgürtel) nicht unerhebliche Unterschiede entstehen.

b) Kräfte auf das Fahrzeug und Einfluß auf das Fahrverhalten

Auf das fahrende Auto wirken eine Anzahl äußerer Kräfte in räumlich verschiedenen Richtungen, wie die untenstehende Skizze zeigt. Dieses Kräftespiel ist sehr vielgestaltig, wobei die Lage des Schwerpunktes besonders wichtig ist. Dieser ist durch die Fahrzeugkonstruktion mehr oder weniger festgelegt und ändert sich bei Beladung und zwar sowohl in der Längsrichtung wie auch in der Höhe.

Bei normalen Wagen mit Frontmotor liegt er, besonders in leerem Zustand, meist vor der Wagenmitte, was günstig für die Stabilität ist, besonders bei Seitenwind. Die Windkräfte kann man sich ähnlich wie das Gewicht (im Schwerpunkt S) ebenfalls in einem Punkt, dem Windangriffspunkt W, konzentriert denken. Er liegt erfahrungsgemäß **immer vor** der Fahrzeugmitte (besonders bei stromlinienförmigen Fahrzeugen) und damit auch vor dem Fahrzeugschwerpunkt. Infolgedessen entsteht bei Seitenwind ein Windkraft-Moment, das das Fahrzeug aus der Fahrtrichtung ablenkt und das um so größer ist, je weiter Windangriffspunkt und Schwerpunkt auseinanderliegen. Dadurch ist verständlich, daß ein Fahrzeug bei Seitenwind um so schwerer zu beherrschen ist, je weiter sein Schwerpunkt hinten liegt (Heckmotor). Da Windkräfte und die dadurch entstehenden Momente unberechenbar sind, muß der Konstrukteur versuchen, die beiden Kraftangriffspunkte durch geeignete Mittel so nah wie möglich zusammenzubringen, was bei Wagen mit Frontmotor am leichtesten möglich ist. Es sei noch erwähnt, daß bei Beladung – besonders des hinteren Kofferraumes – der Schwerpunkt nach hinten wandert und so die Fahrstabilität verringert wird. Beim Heckmotor ist dies übrigens umgekehrt. Dachbeladung ist äußerst ungünstig, da der Schwerpunkt nach oben wandert und die Windangriffsfläche vergrößert wird.



Dabei ist:

S = Schwerpunkt
W = Windangriffspunkt
A = Antriebskraft
B = Bremskraft
G = Gewicht
FL = Fliehkraft
SW = Seitenwindkraft
AT = Auftrieb

Bei den Luftkräften muß noch der „Auftrieb" berücksichtigt werden. Darunter versteht man die nach oben gerichtete Kraftkomponente, die bei einem luftumströmten Körper, z.B. dem Kraftfahrzeug, auftreten kann. Durch ihn wird der Wagenkörper angehoben. Dies ergibt ein verschlechtertes Lenkverhalten. Durch geeignete Luftführungsbleche (Spoiler) kann man den Auftrieb verringern.

Aufgrund dieses Kräftespiels macht das Fahrzeug ständig Bewegungen, die Einfluß auf den stabilen Geradeauslauf oder auch auf den Kurvenlauf ausüben. Der Fahrer muß sie ständig korrigieren und der Fahrzeughersteller muß durch geeignete Auslegung von Achsaufhängung und Lenkung dafür sorgen, daß der Einfluß solcher Störkräfte nur gering ist und nicht plötzlich erfolgt, so daß der Fahrer noch Zeit für eine entsprechende Reaktion (Korrektion) hat. Dies gilt allgemein für die Geradeausfahrt. Bei Kurven jedoch kommt noch die Zentrifugalkraft als seitliche Störkraft dazu. Sie ist um so größer, je größer die Wagenmasse, die Geschwindigkeit und je kleiner der Kurvenradius ist. Die mathematische Formel dafür ist:

$$\text{Formel FL} = \frac{M \cdot v^2}{r \cdot 12{,}96\ (kp)}$$

$$M = \frac{G}{g} = \text{FAHRZEUGMASSE} \quad \text{in} \quad \frac{kp \cdot sec^2}{m}$$

G = Gewicht des Fahrzeuges

g = Erdbeschleunigung = $\frac{9{,}81\ m}{sec^2}$

v = Geschwindigkeit in km/h
r = Kurvenradius in m

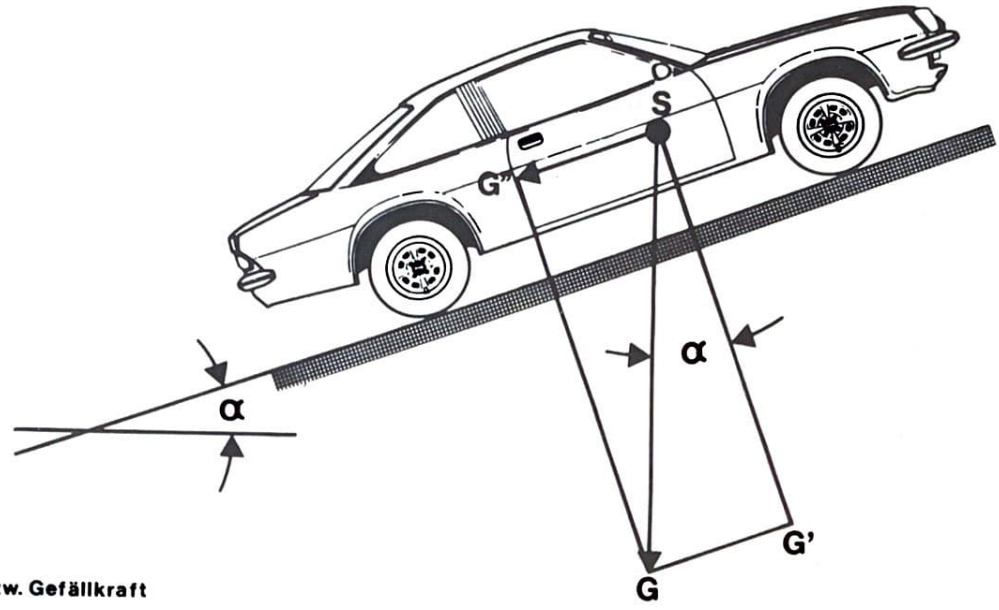
Durch die Fliehkraft wird der Wagen aus der Kurve getragen. Die Fliehkraft kann deswegen gefährlich werden, weil sie nicht linear, sondern quadratisch mit der Geschwindigkeit zunimmt. Dies führt zum „Verschätzen" einer noch zulässigen Kurvengeschwindigkeit und in vielen Fällen zu Panikreaktionen (Bremsen), wodurch die Unfallgefahr erhöht wird.

c) Der Beschleunigungsvorgang (Fahrwiderstände)

Um ein Fahrzeug auf einer Straße eben oder in der Steigung zu bewegen, müssen ständig erhebliche Widerstände überwunden werden, was im allgemeinen durch die Motorkraft (Zugkraft) geschieht. Im wesentlichen sind drei Arten von Widerständen zu unterscheiden:

1. Rollwiderstand
2. Steigungswiderstand (bei Gefälle = Antrieb!)
3. Luftwiderstand

Der Rollwiderstand hängt im wesentlichen von der Straßenoberfläche, vom Reifendruck und auch etwas vom Fahrzeuggewicht ab; der Straßenwiderstand ist auf lockerem Boden und Sand 5 bis 30 mal so groß wie auf fester, glatter Straße



G Fahrzeuggewicht

G' Fahrbahn-Druck

G'' Steigungskraft bzw. Gefällkraft

S Schwerpunkt

α Steigungswinkel

(Asphalt). Der Rollwiderstand steigt mit der Geschwindigkeit an, d.h. es wird immer mehr Motorenergie dafür verbraucht, je schneller man fährt. Er schwankt beim Fahren auf glatter Straße von etwa 15 bis 50 kp für einen mittelschweren Wagen, was gering erscheint. Aber in diesen Zahlen ist die Reibung im Fahrzeug nicht eingeschlossen.

In der Steigung muß das Fahrzeug gehoben werden, was zusätzliche Motorleistung und Zugkraft erfordert, und zwar je steiler die Steigung, desto mehr. In Annäherung ist der Steigungswiderstand ebensoviel Prozent des Fahrzeuggewichtes wie die Steigung in Prozent; z.B. bei 10 % Steigung und 1000 kg Fahrzeuggewicht entsteht ein Steigungswiderstand von vollen 100 kg.

Ebenso stark schiebt das Gewicht ein Fahrzeug bergab. Das bedeutet eine hohe Beanspruchung der Bremsen, die zusätzlich zu der Vernichtung der kinetischen Energie zwecks Geschwindigkeits-Verringerung auch noch die Ablaufkräfte aufnehmen müssen.

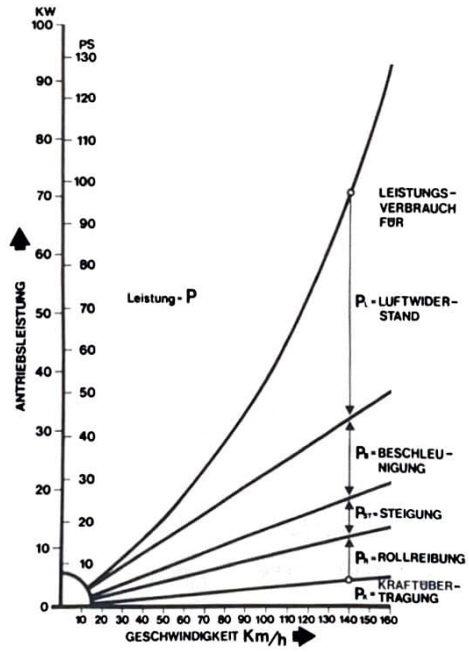
Der Luftwiderstand entsteht durch die Luftreibung an der bewegten Fahrzeugoberfläche (auch unterhalb des Fahrzeuges), durch den Formwiderstand, der im wesentlichen proportional der Fahrzeugstirnfläche ist und durch die Durchströmungs-Widerstände durch Kühlung und Lüftung. Er ist der wichtigste und stärkste Widerstand, denn er erhöht sich mit dem **Quadrat** der Fahrzeuggeschwindigkeit, d.h. bei doppelter Geschwindigkeit entsteht vierfacher Luftwiderstand. Luft- und Rollwiderstand zusammen bestimmen die Höchstgeschwindigkeit in der Ebene. Für Mittelklasse-Wagen beträgt der Leistungsaufwand bei 100 km/h Geschwindigkeit etwa 35 PS = 26 kW, bei 140 km/h aber ca. 90 PS = 66 kW, wegen des quadratischen Anwachsens des Luftwiderstandes. Die zur Überwindung des Luftwiderstandes benötigte Leistung steigt mit der 3. Potenz der Geschwindigkeit an. Er hängt übrigens außer von der Wagengröße (Stirnfläche) von der Wagenform ab, durch die er bei geeigneter Ausbildung (Stromform) stark herabgesetzt werden kann. Echte Stromlinienkarossen haben nur etwa 1/3 des Luftwiderstandes von Normalkarossen, d.h. sie ergeben wesentlich höhere Endgeschwindigkeiten und natürlich auch geringeren Verbrauch, was bei Rennwagen bis zum möglichen Extrem ausgenützt wird. Der Luftwiderstand wird durch Gegenwind erhöht und natürlich auch durch Wagenaufbauten (Dachgepäck), Anhänger und dergleichen mehr.

Wie schon früher behandelt, sind die Windkräfte und ihre Aufnahme am Fahrzeug sehr wichtig für die Fahrstabilität, wie auch der Auftrieb bei hoher Geschwindigkeit.

Bei gleichmäßiger Fahrt ist also die aufzubringende Motorleistung durch die genannten drei Widerstände bestimmt. Zur Fahrzeugbeschleunigung selbst muß noch zusätzlich eine Zugkraft vom Motor entwickelt werden – durch Gasgeben oder Schalten – die abhängig von der Fahrzeugmasse und der gewünschten Beschleunigung ist. Es sei noch darauf hingewiesen, daß die Beschleunigung in niedrigen Gängen größer, in Steigungen aber immer erheblich (prozentual) geringer ist.

Die gesamte Antriebsleistung des Motors wird also durch diese Kräfte aufgebraucht. Im Einzelnen setzt sie sich bei verschiedenen Geschwindigkeiten, wie folgende Skizze zeigt, zusammen:

Erforderliche Antriebsleistung



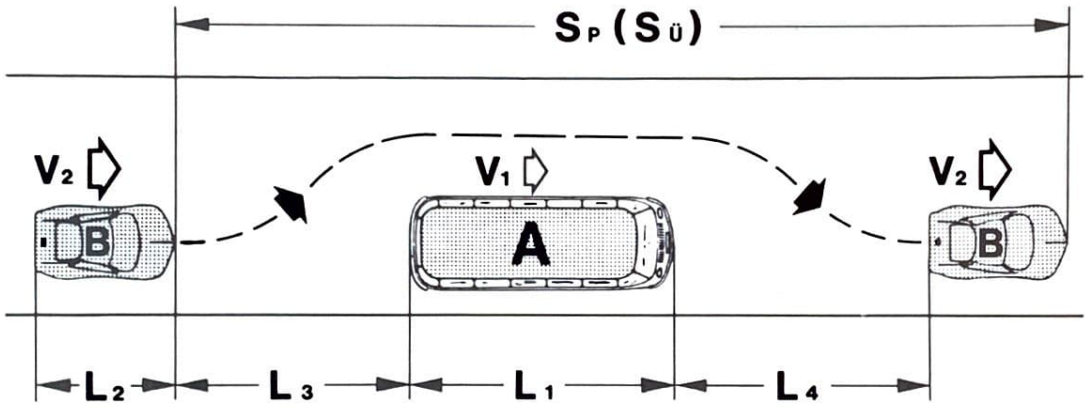
Aller dieser vielfältigen Vorgänge muß sich der Fahrer bewußt sein, um sich in Fahrweise und Verhalten an die Verkehrsnotwendigkeiten anzupassen, d.h. sicher zu fahren. Im Nachstehenden seien nun einige typische Verkehrsvorgänge etwas näher analysiert, zum besseren Verständnis dessen, was bei richtiger, d.h. sicherer Fahrweise beachtet werden muß.

d) Der Überholvorgang

Bei keinem Straßenverkehrsvorgang ist die Kenntnis und Berücksichtigung der Fahrkinematik (Kräfte, Beschleunigung, Widerstände) so wichtig wie beim Überholen. Aus Unkenntnis und mangelnder Erfahrung werden deshalb dabei die meisten Fehler gemacht, was zu schweren und schwersten Unfällen führt. Immerhin zeigt die Unfallstatistik, daß Frontalzusammenstöße nach den Auffahr-Unfällen die zweithäufigste Ursache von schweren Unfällen sind.

Beim Überholen ist die Beschleunigung des eigenen Fahrzeuges von ausschlaggebender Bedeutung. Immer gilt: **Überholen Sie nur, wenn die Straße voll übersichtlich und auf genügend große Strecke frei von Gegenverkehr ist.** Die Überholsucht, besonders in Deutschland, ist eine der schlimmsten Folgen der zu schnell gewachsenen Fahrerschaft mit oft mangelnder Selbstdisziplin und Erfahrung.

Der Überholvorgang ist analytisch und rechnerisch recht kompliziert. Am einfachsten zu untersuchen ist das Überholen eines **stehenden** Hindernisses (Fahrzeug) und das Überholen eines Fahrzeuges, welches mit konstanter Geschwindigkeit fährt. Zunächst eine schematische Skizze, wie die Überholung verläuft.



Dabei ist:

L_1	=	Hindernislänge
L_2	=	eigene Fahrzeuglänge
$L_3 + L_4$	=	Sicherheitsstrecke
S_p	=	Passierstrecke
V_1 bzw. V_2	=	Geschwindigkeiten der Fahrzeuge

Annahme: $L_1 = 10$ m, $L_2 = 5$ m, $L_3 = ? = L_4$

$$S_p = L_1 + L_2 + 2L_3$$

Die Sicherheitsstrecken L_3 und L_4 sind abhängig von der eigenen Geschwindigkeit bzw. der Relativgeschwindigkeit bei einem fahrenden Hindernis. Im allgemeinen wird empfohlen: $L_3 = L_4 = 1/2$ Geschwindigkeitszahl; also bei 50 km/h : 25 m. Außerhalb von geschlossenen Ortschaften mehr, weil schneller gefahren wird. Diese Empfehlung entspricht etwa der Strecke, die innerhalb von 1,5 Sekunden, also einer durchschnittlichen Reaktionszeit, zurückgelegt wird (wichtig für die Rechtssprechung). Dazu ein Beispiel:

Errechnung der Passierstrecke S_p bei einer eigenen Wagenlänge von 5 m, einer Länge des zu überholenden Fahrzeuges von 10 m (LKW mit Anhänger, Bus) und einer eigenen Geschwindigkeit von 50 km/h:

Die gesamte Passierstrecke beträgt also:

$S_p = 25 + 10 + 25 + 5 = 65$ m, d.h. ein Vielfaches der Hindernislänge, die Überholzeit rund 4,5 Sekunden.

Wenn das zu überholende Hindernis (Fahrzeug) aber mit konstanter Geschwindigkeit **selbst** fährt, wird der Gesamtüberholweg mindestens um **die** Strecke länger, die dieses Fahrzeug in der Überholzeit selbst zurücklegt.

Je geringer diese und je größer die Differenzgeschwindigkeit ist, desto geringer ist die Überholstrecke. In der Schätzung der Geschwindigkeit des anderen und der ausreichenden Differenzgeschwindigkeit des eigenen Fahrzeuges liegt das große Gefahrenmoment. Bei hoher allgemeiner Fahrgeschwindigkeit und **geringer** Differenzgeschwindigkeit ergeben sich also sehr lange Überholstrecken (Überholmanöver von LKW auf der Autobahn!). Auch hier ein Beispiel:

Angenommen, das zu überholende Fahrzeug fährt mit 30 km/h, die anderen Werte sind die gleichen wie oben. Die Differenzgeschwindigkeit beträgt also 20 km/h. Mit dieser Geschwindigkeit (ca. 5,5 m/sec) beträgt also die Passierzeit für die 65 m lange Passierstrecke ca. 12 Sekunden. In dieser Zeit fährt aber das zu überholende Fahrzeug mit 30 km/h fast genau 100 m! Damit wird die Gesamt-Überholstrecke also $S_{ü} = 65 + 100 = \mathbf{165\ m}$! Die Überholzeit beträgt volle 12 Sekunden! Hier die mathematischen Formeln dazu:

$$\text{Formeln: } t_{ü} = \frac{3{,}6 \cdot S_p}{V_2 - V_1} \qquad S_{ü} = \frac{t_{ü} \cdot V_2}{3{,}6} = \frac{S_p \cdot V_2}{V_2 - V_1}$$

V_1, V_2	= km/h	S_p	= Passierstrecke
t	= sec	$S_{ü}$	= Überholstrecke
S	= m	$t_{ü}$	= Überholzeit, bzw. Passierzeit

Da die Rechnung etwas kompliziert ist, sei nebenstehend eine Tabelle der Überholstrecken für eine Anzahl verschiedener Geschwindigkeiten und Relativgeschwindigkeiten angegeben.

Differenzgeschwindigkeit Km/h ($V_2 - V_1$)	10	20	30
Geschwindigkeit des zu überholenden Fahrzeugs (V_1) Km/h	Überholstrecken für ein 10m langes zu überholendes Fahrzeug Meter		
80	760	380	253
100	1150	575	376
120	1620	810	540

Man sieht also, wie die Überholstrecken mit zunehmender Allgemeingeschwindigkeit und geringer Differenzgeschwindigkeit stark ansteigen. Noch länger werden die Überholwege bei einer Beschleunigung des zu überholenden Fahrzeuges, d.h. wenn dieser Fahrer „Gas" gibt (besonders wichtig im Stadtbetrieb). Die Berechnung ist sehr schwierig, aber die Verhältnisse sind im Prinzip ähnlich wie vorher beschrieben. Es ist also eine schwere, sogar strafbare Verkehrssünde, als Überholter das eigene Fahrzeug zu beschleunigen und den Überholvorgang damit zu verlängern oder ihn gar unmöglich zu machen. Um die eigene Beschleunigung zu erhöhen, ist in solchen Fällen Zurückschalten oft erwünscht, ja meist nötig.

e) Der Bremsvorgang

An sich soll man so wenig wie möglich bremsen, denn Bremsen heißt Energie vernichten. Wenn es aber nötig ist, muß „richtig" gebremst werden und das soll durch die nachstehenden Ausführungen erläutert werden.

Die maximal mögliche Bremswirkung hängt, außer von der Bremsausführung selbst, hauptsächlich von der Haftung zwischen Reifen und Straße ab. Die beim Bremsen vernichtete Energie wird in Reibungswärme umgewandelt, welche die Bremsen erhitzt. Die Erhitzung ist dabei um so größer, je größer die Bewegungsenergie des Fahrzeuges (Sie erinnern sich: quadratischer Einfluß der Geschwindigkeit!) und je höher die Verzögerung, also je kürzer der Bremsweg und je schlechter die Bremskühlung sind. In Anlehnung an früheres, hier die **wichtigsten** der einschlägigen mathematischen Formeln für den Bremsvorgang von einer Anfangsgeschwindigkeit V (km/h) ausgehend bis zum Stillstand (auf ebener Straße), mit konstanter Verzögerung a (m/sec^2).

Am meisten interessiert der Bremsweg S in Metern (m)
und die Verzögerung a in m/sec^2

$$S = \frac{V^2}{26 \cdot a} \text{ (m)} \quad \text{und} \quad a = \frac{V^2}{26 \cdot S}$$

wobei a die beim Bremsen angewandte, bzw. erreichte Verzögerung ist. Der Bremsweg ist unabhängig vom Fahrzeug-Gewicht! Er ist proportional zum

Quadrat der Geschwindigkeit, d.h. doppelte Geschwindigkeit = 4facher Bremsweg!

Die Bremszeit t (sec) beträgt (ohne die Reaktionszeit des Menschen):

$$t = \frac{V}{3{,}6 \cdot a} = \frac{7{,}2 \cdot S}{V}$$

Beide Formeln zeigen, daß die nötige Bremszeit nur linear von der Geschwindigkeit abhängt.

Interessant ist auch noch die Bremsarbeit (vernichtete Energie) A (kpm) bei einem Fahrzeuggewicht von G (kp):

$$A = \frac{G \cdot V^2}{254} = \frac{G \cdot a \cdot S}{g} \text{ (kpm)}$$

Wobei G das Fahrzeuggewicht in kp und g die Erdbeschleunigung 9,81 m/sec^2 ist.

Die Bremsarbeit verhält sich proportional zum Fahrzeuggewicht und zur Verzögerung, zur Geschwindigkeit aber im Quadrat.

Es sei darauf hingewiesen, daß hohe Belastung der Bremsen sowohl bei scharfem Bremsen aus hoher Geschwindigkeit (wegen hoher kinetischer Energie) wie auch bei ständigem Bremsen bei langsamer Fahrt (wegen ungenügender Kühlung, wichtig bei Passabfahrten) auftritt. Der Schlüssel zur besten Bremswirkung liegt bei der erreichbaren Verzögerung. Sie tritt dann auf, wenn kein Rad rutscht, d.h. die Kunst des Fahrers liegt darin, gerade soviel zu bremsen, daß die Räder nicht blockieren. Wenn eine Blockierung eintritt, sinkt die Haftreibung stark ab (der Reibungskoeffizient der Ruhe ist nämlich höher als der der Bewegung), d.h. der Bremsweg verlängert sich sehr bei blockierten Rädern, außerdem tritt dabei fast völliger Verlust der Seitenführung an den Reifen auf (der Wagen schleudert). Dies tritt bei rutschigen Straßen (Nässe, Schnee, Eis) schon bei geringen Bremsungen ein. Wenn dabei die Hinterräder zuerst oder gar allein blockieren, dreht sich der Wagen um und kann nur durch Gasgeben (!) gefangen werden. Wenn die Vorderräder allein oder alle 4 Räder blockieren, rutscht der Wagen im allgemeinen in der Bewegungsrichtung gerade weiter, unabhängig vom Radeinschlag. Durch **kurzes** Nachlassen des Bremsdruckes kann der Wagen aber wieder gefangen und unter Kontrolle gebracht werden. Deswegen sollen die Vorderräder, wenn überhaupt, möglichst zuerst blockieren. Blockieren ist aber durch richtige Bremsbedienung immer vermeidbar (richtige Dosierung der Bremskraft!). Schon früher wurde erwähnt, daß die Vorderradbremsen wegen der dynamischen Achslastverschiebung mehr, ca. 65 % der Bremsarbeit zu leisten haben. Dies wird vom Konstrukteur bei der Bremsverteilung entsprechend berücksichtigt. Nur die sich in Entwicklung befindenden Bremsblockier-Regler können ein Blockieren (=Rutschen der Räder) verhindern.

Als Anhalt seien in der nachstehenden Tabelle für verschiedene Geschwindigkeiten, die sich ergebenden Bremswege einschließlich einer Reaktionszeit von 1 Sekunde errechnet (das ist die Zeit vom Erkennen der Gefahr bis zur vollen Bremswirkung), aufgeführt. Übrigens, die Reaktionszeit der Menschen schwankt sehr stark je nach Wohlbefinden, Alter und dem Einfluß von Drogen und Alkohol.

Richtiger Abstand zum Vordermann ergibt sich aus dem nötigen Bremsweg. Deswegen auch diese Tabelle:

Verhältnis von Geschwindigkeit und Bremsweg

Fahrgeschwindigkeit Km/h	Bremsweg bei konstanter Verzögerung mit 5 m/sec² Meter
20	9
40	25
60	45
80	72
100	105
120	145

Der Bremsweg läßt sich leicht nach folgender grober Annäherungsformel berechnen:

$$S = (\frac{V}{10})^2 + \frac{V}{5} \quad \text{(V in km/h nach Tacho.)}$$

Zugrund gelegt ist dabei: Normalbremsung mit 5 m/sec^2 Verzögerung. Die Werte gelten für normale und trockene Straßen. Bei Nässe verdoppeln sie sich, bei Eis wird der Bremsweg 9 x so lang. Panikbremsungen, bei denen alle 4 Räder blockieren, verlängern den Weg auch etwa auf das Doppelte.

In der Straßenverkehrs-Zulassungsordnung (STVZO) ist das sogenannte „Mindest-Zwei-Sekunden-Abstand"- Fahren empfohlen zur Vermeidung des Auffahrens, d.h. richtiges Abstandhalten, besonders auf Autobahnen, soll damit ermöglicht werden. Diese Faustregel ist eine brauchbare Hilfe, den Abstand zum Vordermann unter Berücksichtigung des eigenen Bremsweges einigermaßen richtig einzuhalten. Sie ergibt aber zu kurze Bremswege!

III. DAS AUTO UND SEINE BEDIENUNG

Zum richtigen Verkehrsverhalten gehört natürlich auch, daß der Fahrer sein Fahrzeug nicht nur kennt, beherrscht und in gutem Zustand hält, sondern, daß er es auch verkehrsgerecht bedient. Mit jedem modernen Auto, gleichgültig welcher Konzeption, kann man gut und sicher fahren, wenn man nur seine typischen Eigenheiten erkennt und meistert. Vorderrad-Antriebswagen verlangen vielfach eine etwas andere Bedienung als Heckmotorwagen, besonders in Kurven.

Der Normalwagen mit vorne liegendem Motor und Hinterradantrieb ist im ganzen am problemlosesten. Hier seien einige allgemeine technische Hinweise für den Fahrer und zur Kontrolle des Fahrzeuges erlaubt. Das erste, was ein Auto haben muß, sind gute, bequeme Sitze, die ausreichenden Halt für den Körper (Rücken) geben und von denen man ausreichende Sicht über Straße und Verkehr hat. Kleine Fahrer sollten lieber mit Kissen fahren, damit sie nicht unter dem Lenkrad durchschauen müssen. Richtiger Abstand vom Lenkrad ist wichtig! Da die Pedale meist nicht einstellbar sind, muß der Sitz durch Verstellung angepaßt werden. Man soll nie mit stark angewinkelten Armen fahren, auch nicht nach Rennfahrermanier mit gestreckten Armen, da man in beiden Fällen eine nicht ausreichende Bewegungsmöglichkeit beim Lenken oder bei plötzlich nötigen Lenkreaktionen hat. Beste Lenkradhaltung ist gemäß Uhrzeigerstellung: „1/4 vor drei bis 10 vor zwei" und keinesfalls die sehr beliebte „5 vor eins"-Stellung, bei der man weder ein Lenkgefühl noch genügend Kraft für einen Lenkeinschlag oder eine nötige Korrektur hat.

Die Pedale, besonders Bremse und Kupplung, muß man mit dem Fußballen fest treten können, nicht nur mit den Zehenspitzen. Die Bremse sollte vom Fahrer nach längerem Stillstand auf Funktion der Hydraulik vor Fahrtantritt durch Pedaltreten geprüft werden (Das ist eigentlich Vorschrift). Es muß ein fühlbarer, fester Anschlag vorhanden sein, der durch das Bremsspiel gegeben sein muß. Dabei darf der Boden nicht berührt werden, sonst müssen sofort die Bremsen nachgestellt werden. Übrigens ist der Fahrer laut Gesetz neben dem Besitzer für den verkehrsgerechten Zustand des Fahrzeuges verantwortlich.

Auch die kurze Überprüfung der Beleuchtung ist vorgeschriebene Fahrerpflicht. Dies geschieht am einfachsten durch „um den Wagen gehen" mit Stand-, Abblend- und Fernlicht. Auch die Prüfung abends gegen eine helle Wand (Garage) ist sehr leicht möglich, auch für Schluß- und Bremsleuchten (besonders wichtig!). Die Blinkerkontrolle ist einfach, da man den Ausfall einer Leuchte leicht durch veränderten Blinkrhythmus und an der Kontrollampe sehen oder am Tick-Geräusch auch hören kann. Die Reichweite der Scheinwerfer bestimmt die Fahrgeschwindigkeit bei Nacht (Erkennen eines Hindernisses). Richtige Einstellung der Scheinwerfer bei Abblendung ist sehr wichtig, um so mehr, als sich diese bei den meisten Wagen durch Belastung ändert. Deshalb ist eine richtige, gleichmäßige Fahrzeugbelastung besonders zu beachten, auch um die Hinterreifen nicht zu überlasten. Bei zuviel Last hinten oder gar oben (Gepäckträger) verschlechtern sich die Fahreigenschaften bei allen Autos stark. Fahrer und möglichst alle Beifahrer, mindestens aber der vordere, sollten unbedingt Sicherheitsgurte auch bei kleinsten Fahrten tragen. Gurte sind gerade bei kleineren Fahrgeschwindigkeiten (Stadtbetrieb) ein sehr guter, bis heute bester und unumstrittener Schutz. Man bedenke, daß beim Auffahrunfall oder Frontalzusammenstoß – und das sind etwa 70 % aller Unfälle neben Überschlägen – das Fahrzeug durch Deformation (Knautschzone) einen großen Teil der Aufprallenergie relativ langsam vernichtet und absorbiert, während der Insasse ohne Gurt gegen das bereits stehende Fahrzeug mit voller Wucht und völlig ungebremst fliegt. Nur angeschnallt nimmt er deshalb an der kontrollierten Verzögerung teil, die der moderne Autokonstrukteur in sein Fahrzeug einbaut.

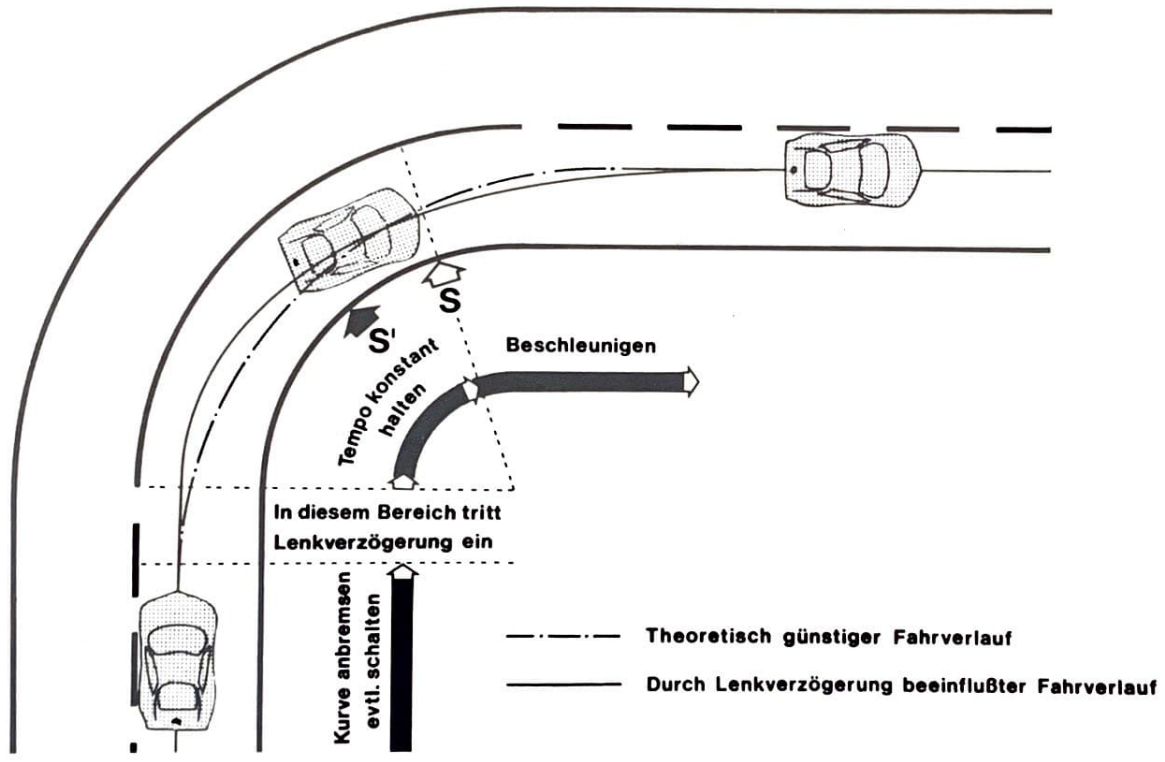
Übrigens, Kinder gehören nie auf die Vordersitze (lt. Gesetz erst ab 12 Jahren erlaubt), sondern grundsätzlich auf die Hintersitze, und dann nach Möglichkeit angegurtet.

Großen Einfluß auf die Wagenfahreigenschaften haben der Reifenzustand und ihr Luftdruck. Es ist Pflicht, diese Prüfung nach Angaben der Fahrzeughersteller (bei kalten Reifen) vorzunehmen. Daß Reifen genügend Profiltiefe haben müssen, ist bekannt. Sie ist besonders wichtig bei Nässe (Wasserableitung) zur Verhinderung des äußerst gefährlichen Aquaplaning. Bei Nässe mit fast unverminderter Geschwindigkeit weiterzurasen, wie man es täglich sieht, ist unverantwortlich.

Auf trockenen und nassen Straßen haben Reifen mit Normalprofil (Diagonal- oder Gürtelreifen) die besten Eigenschaften. Die neuen Winterreifen sind nur auf tiefem, lockeren Schnee und in manchen Fällen auf Eis besser, ansonsten verlängern sie den Bremsweg. Übrigens ist Vorsicht bei der Umrüstung auf Gürtelreifen geraten. Ratschläge von erfahrenen Firmen, besonders der Fahrzeughersteller, sollte man dabei beachten. Gürtelreifen verändern nämlich das Lenkverhalten, Fahrzeugfederung und Dämpfung müssen darauf abgestimmt sein.

Einige Worte zur Kurventechnik: In Kurven wirken, wie vorher gesagt, starke Seitenkräfte (zunehmend mit dem Quadrat der Geschwindigkeit) als Fliehkräfte auf Wagen und Reifen. Da die Reifen erst durch Schräglauf (wegen des Lenkeinschlages) Seitenführungskräfte aufnehmen können, spricht jeder Wagen neben sonst noch vorhandenen Elastizitäten schon aus diesem Grunde immer etwas verzögert auf den Lenkeinschlag an, und zwar um so mehr, je schneller man fährt. Kurven werden deshalb selten im Kreisbogen gefahren, sondern erfordern ein rechtzeitiges Einlenken in und Auslenken nach der Kurve.

Gute Fahrer nützen die Lenkverzögerung zu einer eigenen Kurventechnik aus, die gegenüber dem theoretischen Kurvenmittelradius einen verschobenen Scheitel hat.



Im allgemeinen fährt man eine Kurve mit wenig Gas oder rollt durch: Nur Wagen mit Vorderrad-Antrieb sollen mit Gas in die Kurve gezogen werden, besonders bei glatter Straße. Übrigens: Bremsen in Kurven ist immer gefährlich – man bremst eine Kurve nur an – da die Reifenhaftung ohnehin durch Seitenführungskräfte voll ausgenutzt ist (Schleuder- und Rutschgefahr wird durch Bremsen besonders groß).

Im ganzen soll man lieber etwas langsamer fahren, als im Gefahrenmoment die Haftgrenze voll ausnützen oder überschreiten zu müssen. So erklären sich wohl die meisten Unfälle durch Abkommen von der Straße. Landstraßen und Autobahnen sind nun mal keine Rennstrecken!

Ein wichtiger Sicherheitsbeitrag, besonders im Winter, ist die richtige Bedienung der Heizung und Lüftung. Immer soll man durch Offenhalten des Lufteintritts (Luftregulierung) soviel Luft wie möglich in das Wageninnere lassen und durch geringes Öffnen, vorzugsweise der hinteren Seitenfenster, für Luftaustritt und Durchlüftung sorgen, soweit nicht sowieso Luftaustritte am Wagen vorgesehen sind. Offene Seitenfenster ohne offenen Lufteintritt ergeben schlechte Lüftung, ja beim Bergabfahren können sogar gefährliche Gase in den Wagen gesaugt werden. Daher sollte man also immer im Wageninneren mit Luftüberdruck fahren.

Es gäbe sicher noch viele technische Hinweise, um das Fahren noch sicherer und leichter zu gestalten. Auf den großen Sicherheitswert von automatischen Getrieben als Fahrerleichterung und auf die Hilfskraftlenkungen sei nur hingewiesen. Die Erziehung zum richtigen Verhalten im Verkehrsgeschehen für alle Beteiligten muß durchgreifend und früh geschehen. Nichts aber ersetzt die eigene Erfahrung und Praxis. Deshalb sich ständig selbst prüfen und verbessern, denn beim Fahrer, als Mensch mit allen Unzulänglichkeiten, liegen die meisten Probleme.

NB.

Einige Einzelheiten dieser Broschüre sind dem Shell-Autobuch entnommen.